

## Beschreibung

### Anordnung zur Kompensation einer Raman-Verkippung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Kompensation einer durch "Stimulierte Raman-Streuung" hervorgerufen Verkippung von Wellenlängen-Multiplexsignalen.

Stimulierte Raman-Streuung führt zu einem Leistungstransfer  
10 von optischen Datensignalen mit hohen Frequenzen zu  
Datensignalen mit niedrigen Frequenzen, die über eine  
optische Faser übertragen werden. In guter Näherung kann der  
Beitrag der Stimulierten Raman-Streuung zu der  
Übertragungsfunktion einer Faser, im logarithmischen Maßstab  
15 dargestellt, als eine Gerade beschrieben werden, deren  
Steigung proportional zur Leistung der Raman-Quelle ist.  
Durch die Raman-Streuung werden die einzelnen Datensignale  
eines Wellenlängen-Multiplexsignal in der Übertragungsfaser  
unterschiedlich verstärkt oder geschwächt, sodass sich  
20 unterschiedliche Nutzpegel und damit unterschiedliche Signal-  
Rausch-Verhältnisse am Empfänger ergeben.

Zur Kompensation der unerwünschten Verkippung bzw. zum  
Einstellen der gewünschten Verkippung sind unterschiedliche  
25 Methoden bekannt. So kann durch zusätzliche Raman-Quellen die  
Verkippung gesteuert werden, indem auch die zusätzlichen  
Raman-Quellen zusätzliche Leistung abgeben und/oder  
aufnehmen. Ebenso kann die Verkippung durch steuerbare Filter  
kompensiert werden.

30 Problematisch wird es, wenn Kanäle oder ganze Kanalgruppen  
hinzugefügt oder abgeschaltet werden. Die gleichen Probleme  
entstehen bei geplanten Übertragungsnetzen, bei denen  
optische Kanäle dynamisch über verschiedene  
35 Übertragungsfasern geschaltet (geroutet) werden. Beim Bruch  
einer Übertragungsfaser kann sogar ein ganzes  
Übertragungsband ausfallen.

Aus dem Patent US 6,584,260 B2 ist ein elektrooptisches Bauteil bekannt, das aus ferroelektrischem Material besteht.

- 5 Durch unterschiedliche Steuerspannungen ist es möglich, eine wellenlängenabhängige Transmission zu erreichen. Ein Nachteil der doppelbrechenden Strukturen ist jedoch die starke Abhängigkeit von der Polarisation des eintreffenden Lichtes.
- 10 Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anordnung zur Kompensation/Einstellung der Verkippung von Wellenlängen-Multiplexsignalen anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 angegebenen

- 15 Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

- 20 Ein besonderer Vorteil dieser Anordnung ist ihre einfache Realisierbarkeit und die kurze Reaktionszeit zur Kompensation der Verkippung. Diese ist von den mikro-elektromechanischen Systemen abhängig und kann den Bereich von  $1 \mu\text{s} - 10 \mu\text{s}$  erreichen. Mit Hilfe eines zweiten mikro-elektromechanischen Systems kann eine lineare Dämpfung eingestellt werden. Eine Steuerung oder Regelung wird so konzipiert, dass das System sehr rasch auf Veränderungen der Verkippung reagieren kann. Zur Bestimmung der Verkippung reicht es meist aus, die Gesamtleistung aller Signale zu ermitteln. Die Verkippung
- 25 kann auch durch eine Leistungsmessung von wenigen charakteristischen Datensignalen oder Kontrollsignalen ermittelt werden. Die Errechnung der Steigung erfolgt aufgrund der bekannten mathematischen Grundlagen und anschließend werden entsprechend einer erforderlichen
- 30 Transmissionskennlinie die erforderlichen Steuersignale an die mikro-elektromechanischen Systeme abgegeben.
- 35

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand von Figuren näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 ein Prinzipschaltbild der Anordnung,

Figur 2 Transmissionskennlinien und

- 5 Figur 3 eine Reihenschaltung von Spiegel-Filter-Kombinationen.

**Figur 1** zeigt ein Prinzipschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung, wobei für die Erfundung nicht relevante

10 Komponenten zur Lichtführung nicht dargestellt sind. Ein Lichtstrahl LS, der ein Wellenlängen-Multiplexsignal (WDM-Signals) WDM<sub>y</sub> überträgt, wird über einen ersten Spiegel MR1 auf ein Bragg-Filter BG gelenkt. Der Spiegel ist Teil eines ersten mikro-elektromechanischen Systems MES1, das die Lage  
 15 des Spiegel MR1 so verändern kann, dass der Lichtstrahl LS mit unterschiedlichen Einfallswinkeln (Einspeisewinkel)  $\alpha$  zur Längsachse LA auf das Bragg-Filter fällt. Das Bragg-Filter BG ist so ausgelegt, dass (beispielsweise im Ruhezustand des Spiegels) der wesentliche Teil des Lichts hindurchgeleitet  
 20 wird oder die im Regelfall vorhandene Verkippung auf einen Sollwert kompensiert wird. Ausgangsseitig trifft der Lichtstrahl auf einen zweiten Spiegel MR2, der ihn über eine Sammelloptik OS in eine Faser F einspeist. Ein Teil des in die Faser eingekoppelten Lichts wird in einem Splitter SP  
 25 abgezweigt und als Mess-Signal einer Steuer- oder Regelungseinrichtung RE zugeführt, die die Leistung zumindest einiger relevanter Kontrollsignale oder Datensignale oder die Summenleistung des WDM-Signals WDM<sub>y</sub> misst, daraus die Verkippung und den Pegel ermittelt und die mikro-  
 30 elektromechanischen Systeme MES1 und MES2 durch Steuerspannungen UR1, UR2 so einstellt, dass die Verkippung und der Pegel des ausgegebenen WDM-Signals WDM<sub>0</sub> den Erfordernissen entspricht. Hierbei wird kann eine bei der weiteren Übertragung des WDM-Signals WDM<sub>0</sub> über die Faser  
 35 entstehende Verkippung bereits berücksichtigt werden, so dass die Datensignale des WDM-Signals am Regenerator oder Empfänger gleiche Pegel und Qualität aufweisen.

Anstelle des zweiten mikro-elektromechanischen Systems MES2 kann auch ein einstellbares lineares Dämpfungsglied verwendet  
5 werden und anstelle einer Schwenkung der Spiegel kann prinzipiell auch die Lage der Bragg-Filter geändert werden.

Anhand der **Figur 2** soll nun die Wirkungsweise zunächst der Verkipungskompensation näher erläutert werden. Die Figur 2  
10 zeigt die Transmissionskennlinien eines Bragg-Filters (darunter sollen alle gleiche Filtereigenschaften aufweisenden Bauelemente verstanden werden) in Abhängigkeit vom Frequenzspektrum des Lichtstrahles bzw. der Frequenz der Datensignale in Tera-Hertz (THz). Das Übertragungsband ist  
15 hierbei grau schraffiert. In Abhängigkeit vom Einfallswinkel  $\alpha$  des Lichtstrahles zur Längsachse LA des Bragg-Gitter BG ergeben sich unterschiedliche Transmissionskennlinien. Die höchste Dämpfung wird immer dann erzielt, wenn die Bragg-Bedingungen erfüllt sind. Das Einspeisen des Lichtes mit  
20 unterschiedlichen Einfallswinkeln entspricht einer Veränderung des Gitterabstandes. Betrachtet man nun bei unterschiedlichen Einfallswinkeln die Transmissionskennlinien im Übertragungsbereich, so stellt man fest, dass die Transmissionskennlinien etwa waagerecht verschoben werden,  
25 wodurch deren Steigungen  $m_0 - m_4$  im Übertragungsbereich unterschiedlich sind und dass sie bei unterschiedlichen Steigungen auch unterschiedliche Dämpfungswerte für die Datensignale (Kanäle) aufweisen. Je nach Einfallswinkel können daher unterschiedliche Verkipplungen des WDM-Signals  
30 WDM<sub>y</sub> kompensiert bzw. realisiert werden, wobei die unterschiedlichen Dämpfungen durch ein lineares Dämpfungsglied ausgeglichen werden können (und durch Verstärkung der erforderliche Pegel erzeugt wird). Je nach Ausführung des Bragg-Gitters und Verstellbereich des Spiegels  
35 können positive und negative Steigungen realisiert werden. Anstelle des durchgeleiteten Lichtanteils kann auch der reflektierte Strahl genutzt werden, dessen Steigung wiederum gespiegelt zum durchgeleiteten Strahl verläuft.

Die Dämpfung wird durch Schwenken des zweiten Spiegels MR2 erzeugt, der als lineares Dämpfungsglied arbeitet, indem nur ein Teil des Lichtstrahls über die Sammelloptik OS in die Faser F eingekoppelt wird. Anstelle des zweiten Spiegels können andere lineare Dämpfungsglieder eingesetzt werden oder das kompensierte WDM-Signal entsprechend verstärkt werden.

Eine Kaskadierung mehrerer Spiegel-Filter-Kombinationen SBG1, 10 SBG2, die jeweils einen Spiegel und ein Bragg-Filter enthalten, vergrößert den Einstellbereich von Verkippung und Dämpfung. Diesen Eine solche Anordnung ist in **Figur 3** dargestellt, wobei die Ein- und Ausgänge entsprechend Figur 1 mit den gleichen Kleinbuchstaben a, b und c bezeichnet sind. 15 Diesen Spiegel-Filter-Kombinationen SBG1, SBG2 kann auch wieder ein weiterer Spiegel zur Einstellung der Dämpfung nachgeschaltet sein.

## Patentansprüche

1. Anordnung zur Kompensation einer Verkippung eines Wellenlängen-Multiplexsignals (WDM<sub>V</sub>),  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass der Einfallswinkel ( $\alpha$ ) eines das WDM-Signal (WDM<sub>V</sub>) übertragenden Lichtstrahles (LS) gegenüber der Längsachse (LA) eines Bragg-Filters (BG) geändert wird und so im Übertragungsbereich eine wellenlängenabhängige Dämpfung mit  
10 veränderlicher Steigung ( $m_0 - m_4$ ) erzielt wird.
2. Anordnung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Bragg-Filter (BG) fest angeordnet ist und  
15 dass das der Einfallswinkel ( $\alpha$ ) durch einen Spiegel (MR1) veränderlich ist, der als mikro-elektromechanisches System (MES1) ausgeführt ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2,  
20 dadurch gekennzeichnet,  
dass dem Bragg-Filter (BG) ein weiteres mikro-elektromechanisches System (MES2) nachgeschaltet ist mit dem die Dämpfung des WDM-Signals (WDM) linear eingestellt wurde.
- 25 4. Anordnung nach Anspruch 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein zwei Spiegel-Filter-Kombinationen (SBG1, SBG2) funktionsmäßig in Reihe geschaltet sind.
- 30 5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Steuer- oder Regeleinrichtung (RE) die Leistung von mindestens zwei Kontrollsignalen oder Datensignalen des WDM-Signals (WDM<sub>0</sub>) oder die Gesamtleistung des WDM-Signals (WDM<sub>0</sub>)  
35 misst und die Verkippung und/oder Dämpfung durch Steuerung von mikro-elektromechanischen Systemen (MES1, MES2) einstellt.

## Zusammenfassung

### Anordnung zur Kompensation einer Raman-Verkippung

- 5 Ein Lichtstrahl (LS) der zur Übertragung eines Wellenlängen-Multiplexsignals (WDM<sub>V</sub>) dient, wird über einen einstellbaren Spiegel (MR1) auf ein Bragg-Gitter (BG) gelenkt. Je nach Einfallswinkel des Lichtstrahles zur Längsachse (LA) des Bragg-Gitters (BG) ergeben sich unterschiedliche
- 10 Transmissions-Kennlinien, die unterschiedliche Steigungen ( $m_0 - m_4$ ) aufweisen. Hierdurch kann eine Verkippung des Wellenlängen-Multiplexsignals (WDM<sub>V</sub>) kompensiert werden. Ein zweiter steuerbarer Spiegel (MR2) ermöglicht das Einstellen der Dämpfung. Eine Regeleinrichtung (RE) bewirkt eine
- 15 schnelle Korrektur der Verkippung nach dem Zu-/oder Abgeschalten von Datensignalen.

Figur 1